Maszyny synchroniczne.

1. Maszyną synchroniczną nazywamy maszynę prądu zmiennego, której wirnik w stanie ustalonym wiruje z taką samą prędkością, z jaką wiruje pole magnetyczne.

$$f =$$

Gdzie:

p – liczba par biegunów

n – prędkość obrotowa (obr./min)

f – częstotliwość [Hz]

2. W maszynie synchronicznej stojan nazywa się **twornikiem**. Na nim jest umieszczane uzwojenie prądu zmiennego – jednofazowe lub trójfazowe.

Wirnik nazywa się **wzbudzeniem**, ponieważ jest on zasilany napięciem stałym, którego źródło stanowi bateria akumulatorów albo prądnica prądu stałego – **wzbudnica**.

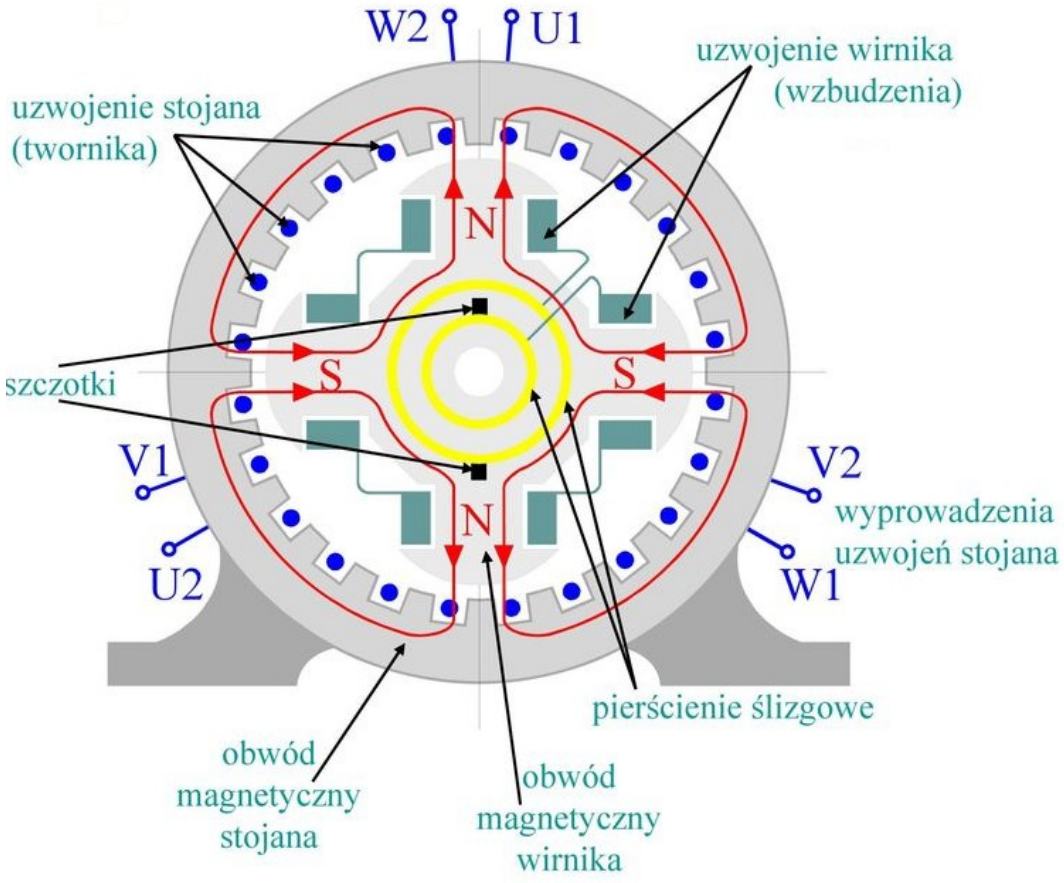
Wzbudnica jest umieszczana na wspólnym wale z maszyna synchroniczną.

3. Maszyny synchroniczne dzieli się ze względu na przemianę energii na:

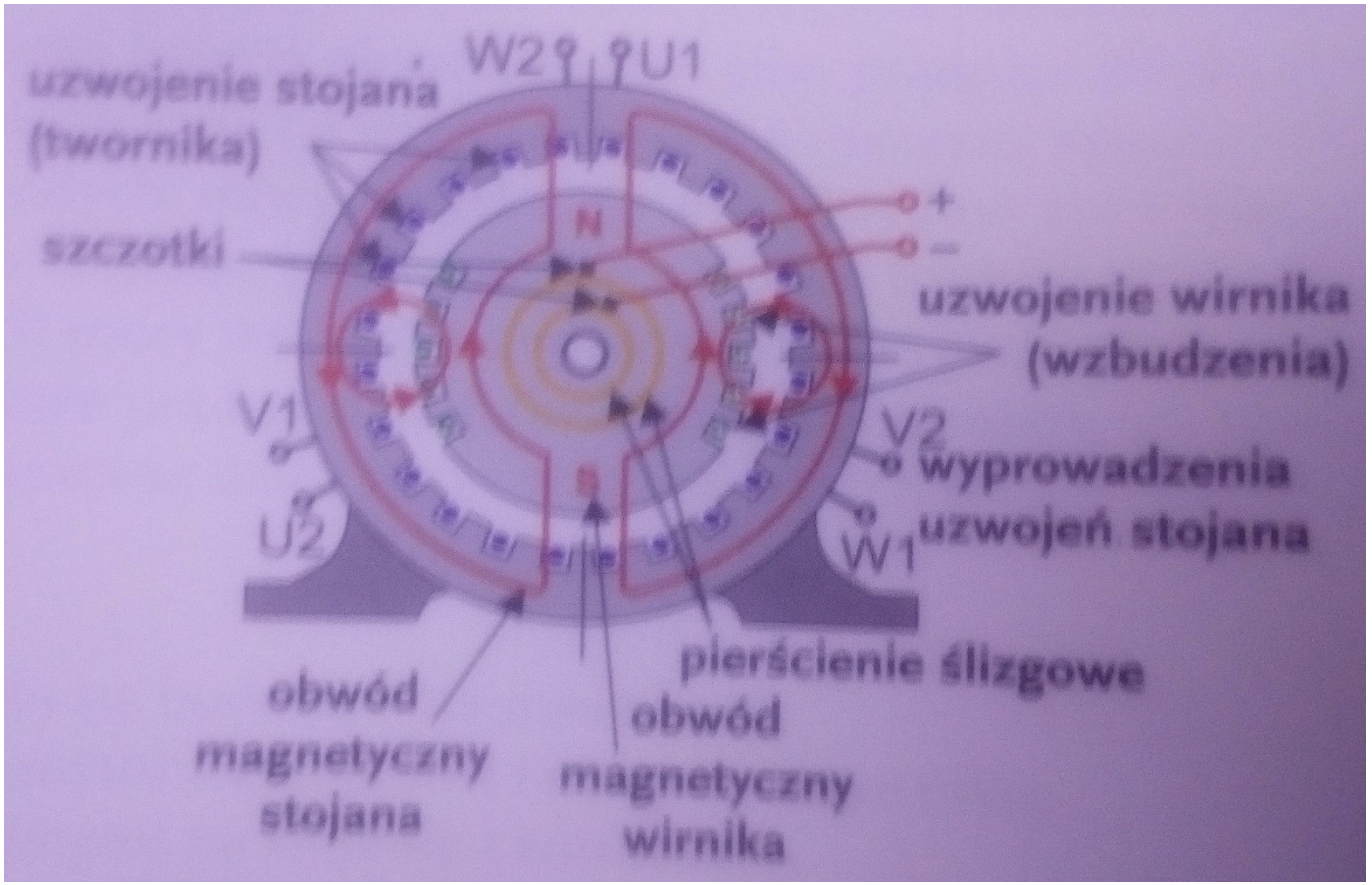
- Prądnice
- Silniki.

4. Maszyny synchroniczne ze względu na budowę dzielimy na maszyny:

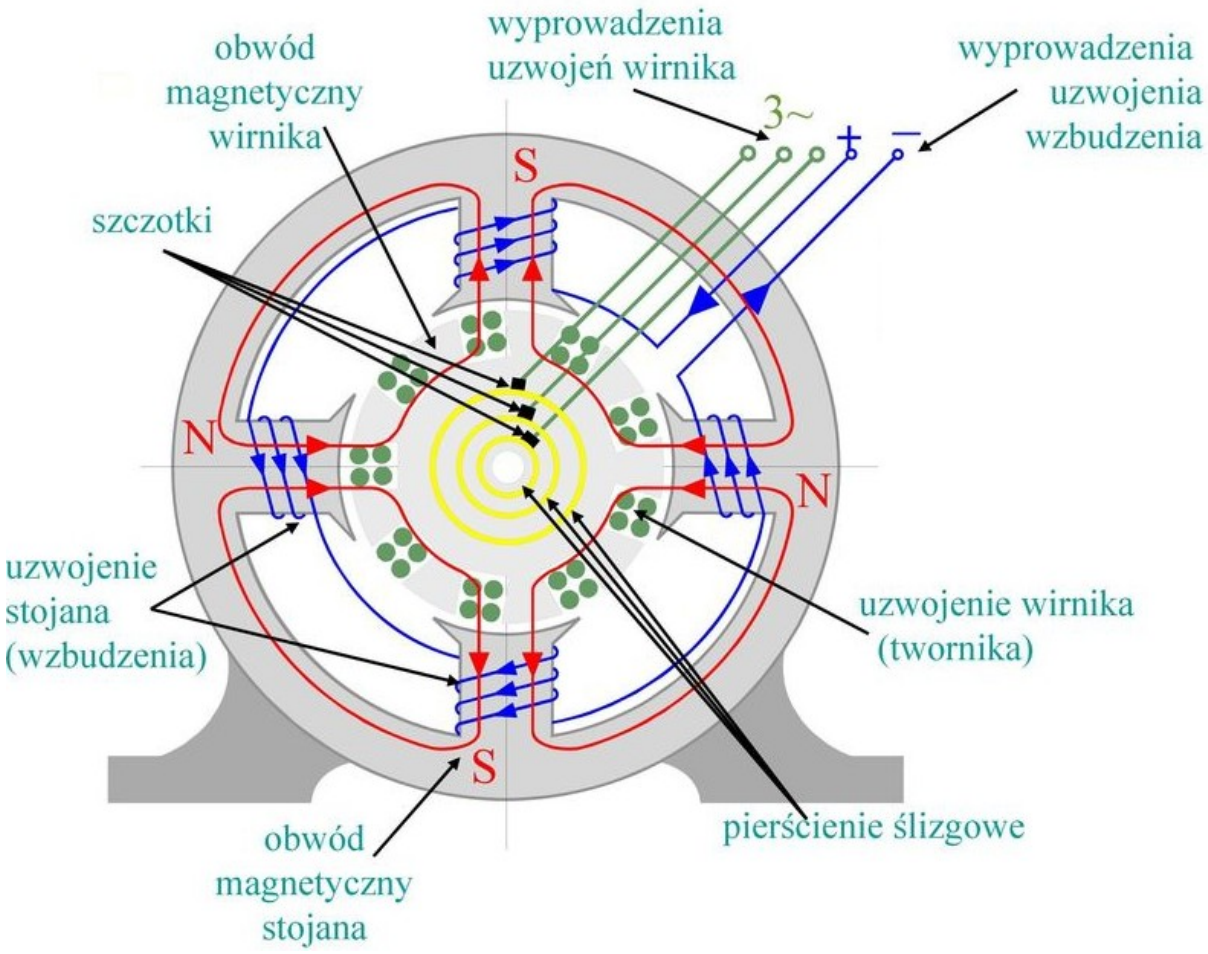
- Z biegunami utajonymi na stojanie i jawnym na wirniku



- Z biegunami utajonymi na stojanie i wirniku



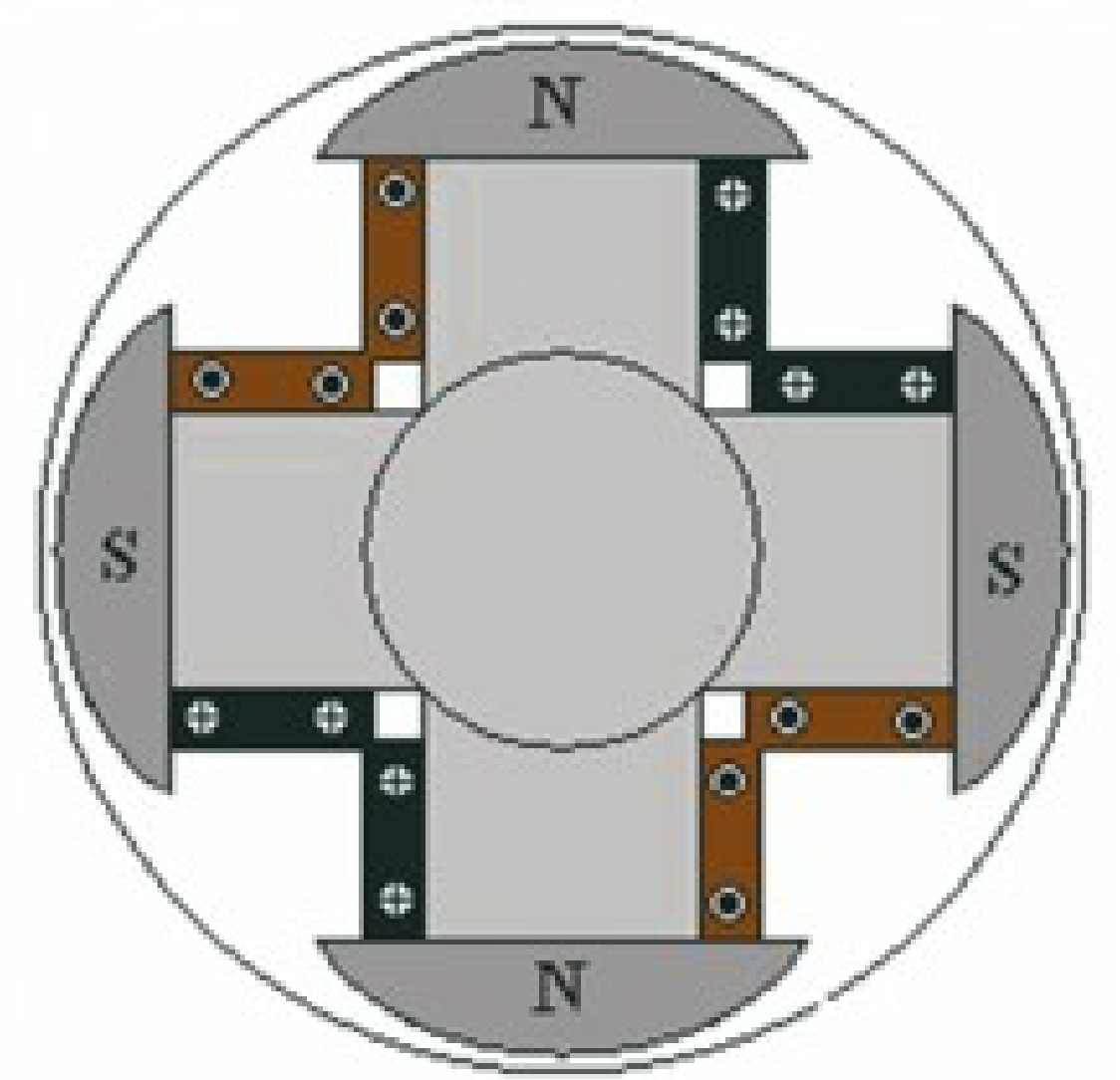
- Z biegunami jawnymi na stojanie i utajonymi na wirniku.



5. Wirniki maszyny synchronicznej:

a) Z biegunami jawnymi

Bieguny te są wyraźnie wyodrębnione konstrukcyjnie. Każdy z biegunów znajdujących się na obwodzie wirnika ma też swoje własne uzwojenie, które zostało nawinięte na wyodrębniony rdzeń tegoż bieguna. Nadają odpowiedni kształt powierzchni zewnętrznej (nazywanej nabiegunnikiem) każdego z biegunów, można uzyskać odpowiedni rozkład indukcji na obwodzie wirnika, dzięki czemu silnik może nie tylko zostać wprawiony w ruch, ale również równomiernie po rozruchu się obracać.


N
S
S
N

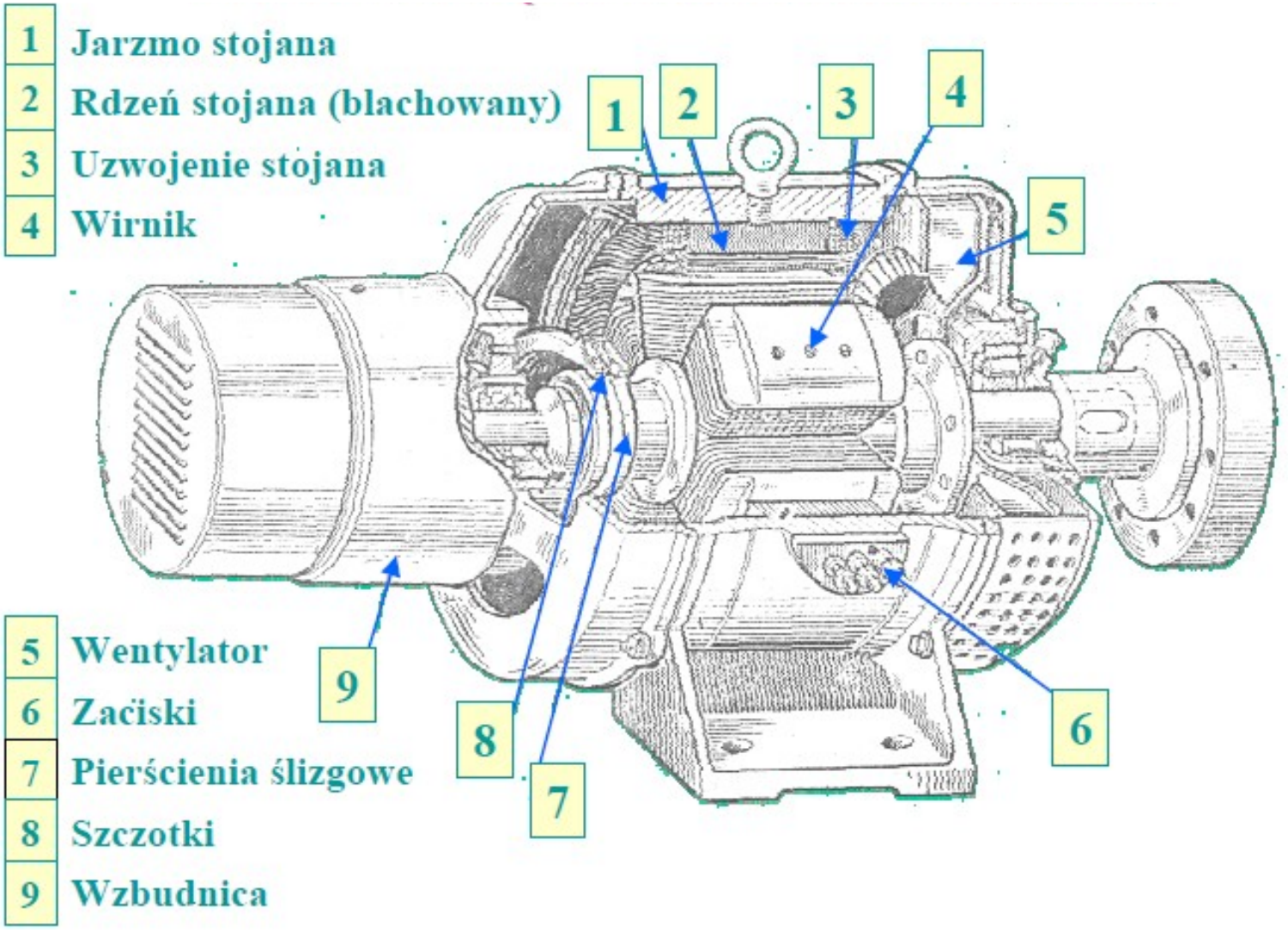
b) Z biegunami utajonymi

Wirnik ma tutaj kształt cylindryczny (bez konstrukcyjnie wyodrębnionych biegunów), w którym to cylindrze w wyfrezowanych rowkach umieszcza się uzwojenie i zabezpiecza przed wypadnięciem za pomocą specjalnych klinów lub klejów. Uzwojenie zajmuje jedynie część wirnika – łącznie około 2/3 obwodu.

N
S

Silniki synchroniczne z wirnikami z biegunami jawnymi, ze względu na ograniczoną wytrzymałość mechaniczną związaną z powstawaniem sporych sił odśrodkowych na poszczególnych biegunach, są stosowane w napędach, w których nie występują duże prędkości obrotowe. Z kolei silniki z biegunami utajonymi mogą być wykorzystywane w zastosowaniach wymagających właśnie bardzo dużych prędkości obrotowych.

Budowa maszyny synchronicznej.



Stojan (twornik) składa się z rdzenia oraz korpusu. Rdzeń to obwód magnetyczny maszyny, który został zbudowany z pakietu z blach. Jest on umieszczony w korpusie wykonanym jako odlew lub konstrukcja spawana. W rdzeniu znajdują się żłobki, w których umieszczono uzwojenie prądu zmiennego – jednofazowe lub trójfazowe.

Wirnik maszyny synchronicznej wykonany jest z litego materiału – odkuwki stalowej lub odlewu staliwnego. Na wirniku zostaje umieszczone uzwojenie, które jest zasilane prądem stałym i stanowi wzbudzenie. Uzwojenie wirnika może być umieszczone w żłobkach (bieguny utajone) lub na biegunach jawnych.

Szczelina powietrzna w maszynach synchronicznych wynosi ok. 5 – 50 mm. Większa szczelina powietrzna skutkuje przepływem większych prądów, a co za tym idzie – zwielokrotnia straty mocy na wzbudzeniu. Jest to korzystne ze względu na przeciążenie maszyny.

Maszyny synchroniczne są również wyposażone w układ chłodzenia, którym odprowadza się ciepło w wyniku strat mocy w stali i miedzi.

Praca maszyny synchronicznej.

1. Bieg jałowy maszyny synchronicznej to taki stan, w którym uzwojenie stojana (twornika) jest rozwarte, a uzwojenie wirnika – zasilane prądem wzbudzenia. W stanie tym występuje więc tylko prąd wzbudzenia płynący w wirniku, w związku z czym pole magnetyczne jest wytwarzane tylko przez wirnik.

2. Stan zwarcia maszyny synchronicznej występuje wtedy, gdy zaciski twornika (stojana) napędzanej maszyny synchronicznej są zwarte, a obwód wzbudzenia (wirnik) jest zasilany.

W stanie zawarcia maszyny synchronicznej wartość napięcia wirnika przy prądzie znamionowym obwodu stojana jest rzędu

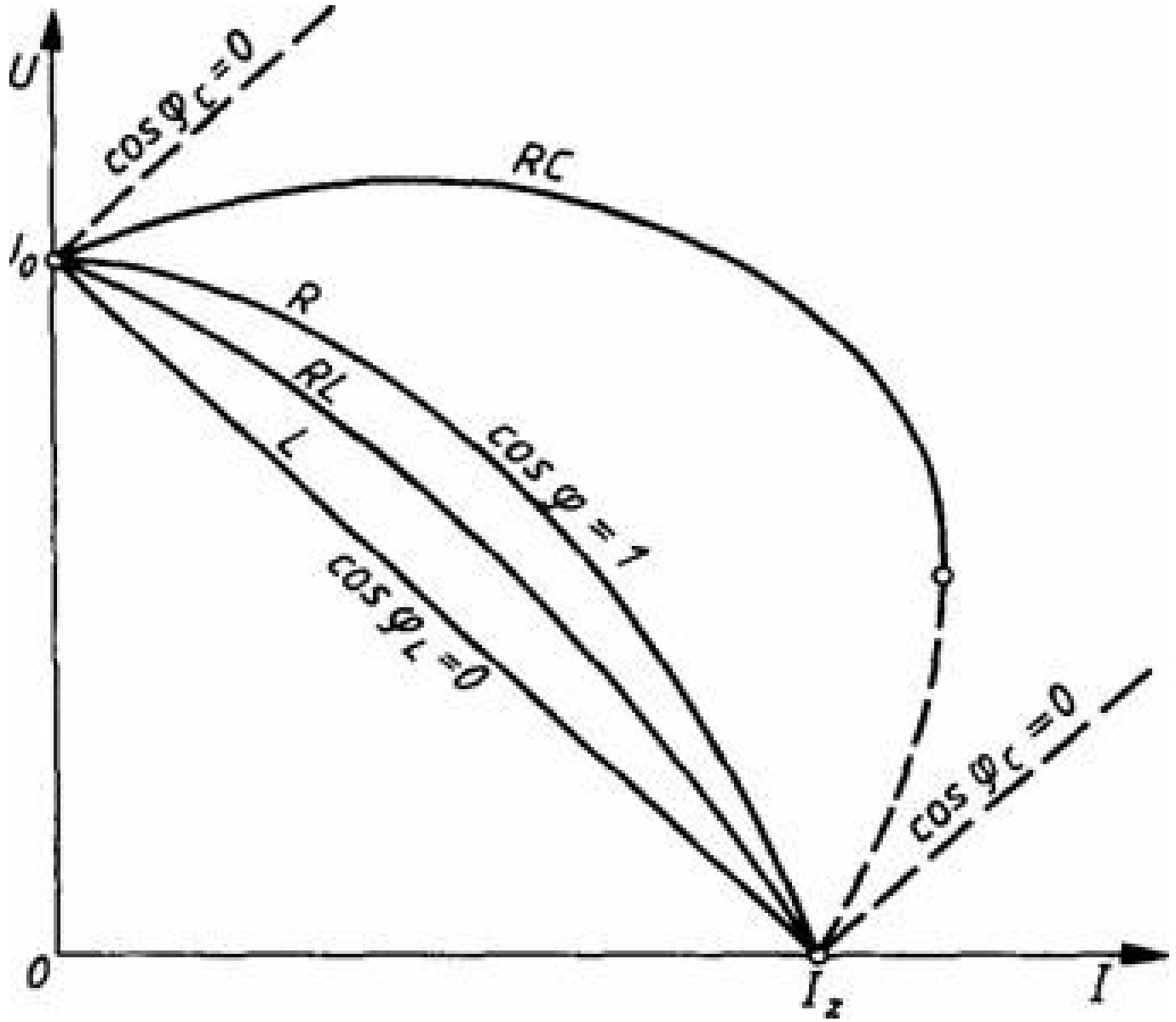
10-15% napięcia znamionowego.

3. Stan obciążenia maszyny synchronicznej występuje wtedy, gdy jest ona bezpośrednio obciążona odbiornikiem pobierającym prąd.

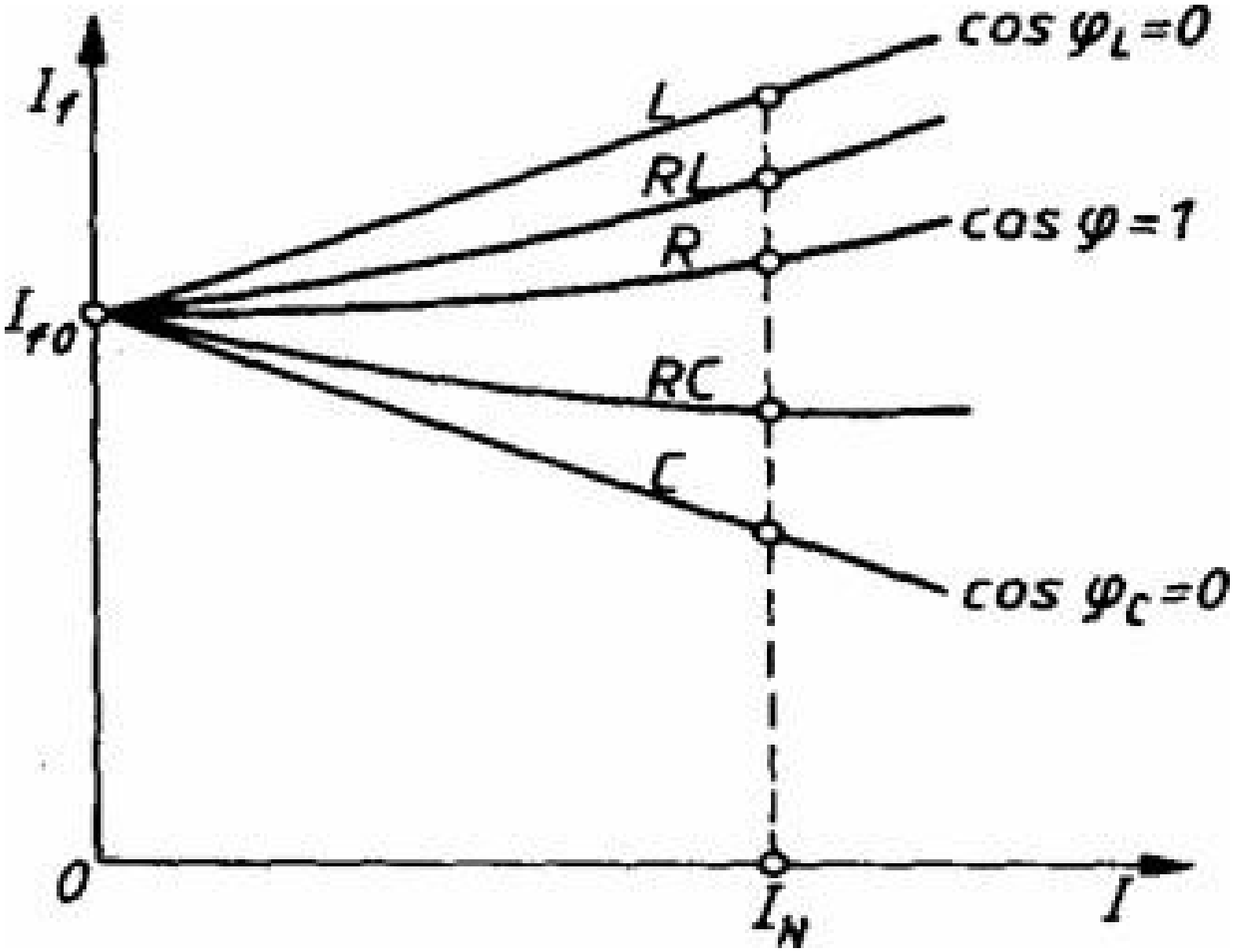
Odbiornik jest podłączony do zacisków twornika (stojana), czyli prąd obciążenia jest jednocześnie prądem twornika (stojana).

W stanie tym pracę prądnicy nazywa się pracą indywidualną lub samotną.

a) Charakterystyka zewnętrzna prądnicy to zależność między napięciem a prądem twornika (stojana). Nazywa się ją zewnętrzną, ponieważ do zacisków stojana podłącza się zewnętrzne odbiorniki energii.
Charakterystyka ta jest więc zależnością napięcia twornika (stojana) w funkcji prądu twornika, czyli prądu obciążenia i wykreśla się ją przy stałej prędkości obrotowej, stałym współczynniku mocy odbioru oraz stałym prądzie wzbudzenia.


U
cos φC =0
RC
I0
R
RL
L
cos φ =1
cos φL =0
cos φC =0
0
Iz
I

b) Charakterystyka regulacyjna to zależność prądu wzbudzenia (wirnika) w funkcji prądu twornika (stojana), który jest jednocześnie prądem obciążenia. Charakterystykę tę wykreśla się przy stałym napięciu, stałej prędkości obrotowej oraz stałym współczynniku mocy obciążenia.


I_f
I_{f0}
L
RL
R
RC
C
$\cos\varphi_L=0$
$\cos\varphi=1$
$\cos\varphi_C=0$
0
I_N
I

Podstawowe parametry maszyny synchronicznej.

1. **Moc czynna** maszyny synchronicznej to moc wydawana przez prądnicę do obciążenia lub pobierana z sieci w przypadku silnika.
2. **Moment elektromagnetyczny**
3. **Przeciążalność maszyny synchronicznej**

4. Stabilność

Maszyna synchroniczna pracuje stabilnie, jeżeli:

- Występują chwilowe zmiany momentu elektromagnetycznego (prądnica) lub momentu napędowego – momentu obciążenia (silnik), a maszyna wraca do stanu sprzed zmian
- Występują stałe zmiany momentu elektromagnetycznego (prądnica) lub momentu napędowego – momentu obciążenia (silnik), a maszyna zmienia warunki pracy na nowe stabilne

Miarą stabilności maszyny jest tzw. Współczynnik synchronizujący , który:

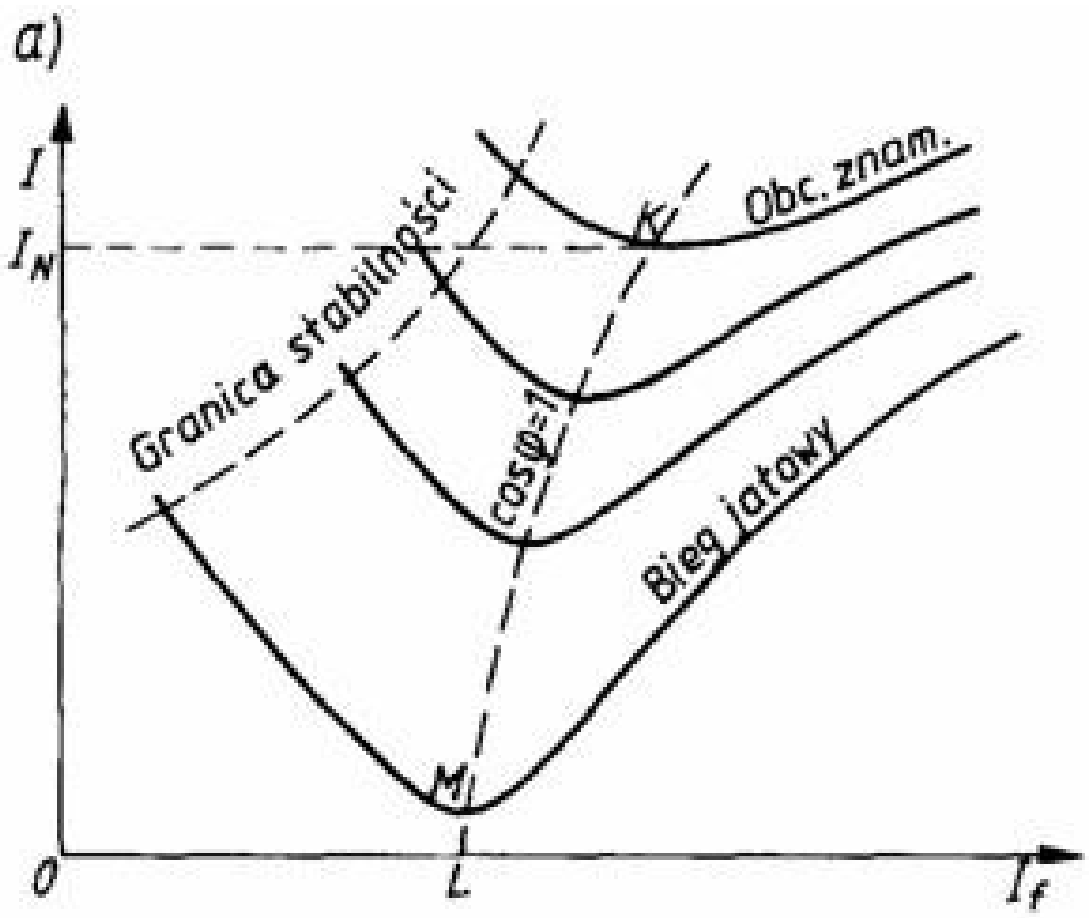
- Zwiększa swoją wartość wraz ze wzrostem prądu wzbudzenia (wirnika)
- Gdy przyjmuje wartość dodatnią, powoduje stabilną pracę maszyny

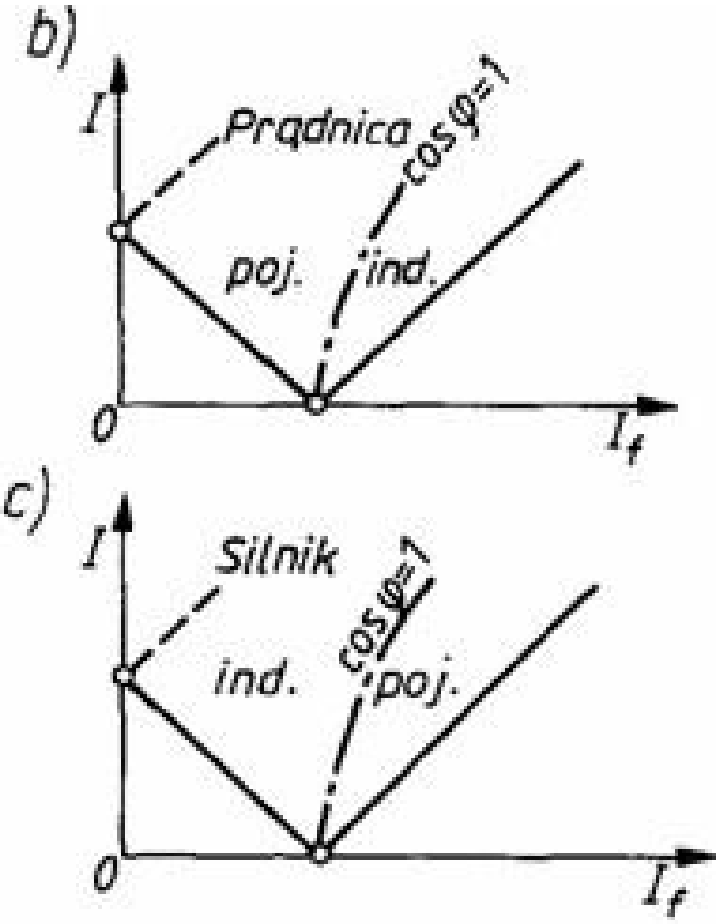
5. Krzywe V

Zwane również krzywymi Mordeya, to zależność prądu twornika od prądu wzbudzenia (przy stałej mocy, częstotliwości, i napięciu).

Dla prądnic warunki takie są do spełnienia po podłączeniu ich do sieci sztywnej.

Dla silników należy obciążyć go stałym momentem oraz zasilić z sieci sztywnej.





a) Dla różnych mocy
b) Praca prądnicowa
c) Praca silnikowa

Praca równoległa prądnic synchronicznych

Praca równoległa prądnic synchronicznych występuje wtedy, gdy są one przyłączone do wspólnej sieci.

Pracę równoległą stosuje się, ponieważ:

- Moce pojedynczych prądnic są małe
- Należy zapewnić rezerwę na wypadek awarii lub remontów
- Należy dostosować moc generowaną do aktualnego zapotrzebowania

1. Sposoby włączenia prądnic synchronicznych do pracy równoległej – warunki:

- Wartość napięć indukowanych i napięć sieci muszą być sobie równe
- Częstotliwość napięcia indukowanego i napięcia sieci muszą być sobie równe
- Napięcia w prądnicy i w sieci powinny być ze sobą w fazie
- Musi być zapewniona kolejność faz napięć indukowanych i sieci
- Napięcia indukowane i sieci powinny mieć ten sam kształt

Moment spełnienia powyższych warunków nazywamy synchronizacją.

2. Samosynchronizacja

To włączenie do sieci prądnicy niewzbudzonej oraz doprowadzonej do prędkości bliskiej prędkości synchronicznej.

Zalety samosynchronizacji:

- Skraca czas przyłączania prądnic do pracy równoległej
- Mniejszy koszt układu
- Umożliwia włączenie prądnicy w ciężkich warunkach ruchowych

3. W pracy prądnicy synchronicznej pracującej na sieć sztywną można zmieniać:

- Prąd wzbudzenia
- Moment napędowy- praca prądnicowa lub moment obciążenia – praca silnikowa

Praca i częstotliwość nie ulegają zmianie, natomiast:

- Zmiana prądu wzbudzenia spowoduje zmianę mocy biernej wydawanej do sieci
- Zmiana momentu napędowego, czyli maszyny napędzanej, spowoduje zmianę mocy czynnej wydawanej do sieci

Silnik synchroniczny.

Silnik synchroniczny to inaczej prądnica synchroniczna, która z pewnych przyczyn przestaje być napędzana, a nadal wiruje z prędkością synchroniczną, pobierając w tym celu energie z sieci elektrycznej.

Silniki synchroniczne budowane są jako jednobiegunowe. Budowa ta powoduje, że oprócz momentu synchronicznego występuje także moment reluktancyjny.

Silnik synchroniczny nie ma momentu rozruchowego i jest to jego największa wada.

Rodzaje rozruchu silnika synchronicznego.

1. Rozruch asynchroniczny.

Polega na tym, że silnik, dla którego przewiduje się ten typ rozruchu, musi być wyposażony w klatkę rozruchową – podobną jak w silniku indukcyjnym. Wirnik ma więc dwa uzwojenia: wzbudzające i klatki rozruchowej.

W trakcie rozruchu asynchronicznego w obwód wzbudzenia należy włączyć rezystor, aby uniknąć przepięć.

Gdy silnik osiągnie prędkość- zasilany napięciem stałym z wzbudnicy. Następnie silnik pod wpływem wytworzonego momentu synchronicznego, wchodzi w synchronizm w taki sposób jak przy samosynchronizacji.

Podczas zasilania obwodu wzbudzenia napięciem stałym należy ustawić prąd wzbudzenia na wartość znamionową, aby przy zmianach momentu obciążenia na wale silnik nie wypadł z synchronizmu.

Wadą rozruchu asynchronicznego jest pobieranie dużych prądów rozruchowych przekraczających prąd znamionowy, co powoduje spadki napięć w sieci. Dlatego należy je ograniczać metodą taką jak rozruch silników indukcyjnych.

2. Rozruch za pomocą dodatkowej maszyny

Rozruch za pomoca dodatkowej maszyny napędzającej polega na tym, że silnik synchroniczny włącza się do sieci tak jak prądnicę, czyli metodą synchronizacji dokładnej lub samosynchronizacji. Metodę tę wykorzystuje się rzadko, ponieważ kłopotliwe jest stosowanie dodatkowych maszyn.

3. Rozruch częstotliwościowy.

Rozruch częstotliwościowy polega na tym, że uzwojenie twornika (stojana) zasila się ze źródła, w którym jest możliwa zmiana częstotliwości napięcia od zera do częstotliwości znamionowej (50 Hz). W tym celu wykorzystuje się:

- oddzielną prądnicę synchroniczną
- elektroniczny przetwornik częstotliwości